



Konversi Limbah Tongkol dan Batang Jagung menjadi Bio-Briket sebagai Bahan Bakar Padat Terbarukan: Analisis Kinerja Energi

Conversion of Corn Cob and Stalk Waste into Bio-Briquettes as Renewable Solid Fuel: Energy Performance Analysis

M. Lukman Hakim¹, Hasan Bashori^{1,a)}

¹Program Studi Teknik Mesin, Universitas Yudharta Pasuruan

^{a)}Corresponding author: hasan.bashori@yudharta.ac.id

Abstrak

Tongkol dan batang jagung merupakan limbah pertanian yang selama ini kurang dimanfaatkan secara optimal, padahal keduanya memiliki potensi besar sebagai sumber energi terbarukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan biobriket berbahan dasar tongkol dan batang jagung dengan memanfaatkan variasi perekat lem Rajawali sebanyak 15%, 20%, dan 25%. Metode yang digunakan adalah eksperimen kuantitatif, dengan parameter pengujian meliputi kadar air, kadar abu, dan nilai kalor. Hasil pengujian menunjukkan bahwa komposisi perekat 15% menghasilkan kinerja terbaik, dengan kadar air sebesar 5,38%, kadar abu 19,21%, dan nilai kalor tertinggi sebesar 4291,72 kalori per gram. Nilai tersebut mendekati standar SNI 01-6235-2000, yang menunjukkan bahwa briket dari limbah jagung layak dikembangkan sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan.

Kata Kunci: bio-briket; *tongkol jagung*; batang jagung; energi terbarukan

Abstract

Corn cobs and stalks are agricultural wastes that have not been optimally utilized, even though they have significant potential as a renewable energy source. This research aims to develop biobriquettes made from corn cobs and stalks by utilizing variations of Rajawali glue adhesive of 15%, 20%, and 25%. A quantitative experimental method was applied to analyze the effect of adhesive concentration on the main characteristics of the briquettes, including moisture content, ash content, and calorific value. The results showed that the 15% adhesive composition produced the best performance with a moisture content of 5.38%, ash content of 19.21%, and the highest calorific value of 4291.72 cal/g. These findings prove that corn waste-based biobriquettes meet the performance standards of SNI 01-6235-2000 and have great potential as a sustainable alternative fuel.

Keywords: bio-briquettes; *corn cob*; *corn stalk*; alternative energy

PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara agraris menghasilkan limbah pertanian dalam jumlah besar, salah satunya berupa tongkol dan batang jagung yang pemanfaatannya masih belum optimal dan sering kali dibakar sehingga berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik, produksi jagung pipilan kering dengan kadar air 14% sepanjang Januari hingga Desember 2025 diperkirakan mencapai 16,11 juta ton, meningkat 6,44% dibandingkan periode yang sama tahun 2024. Secara bulanan, produksi jagung menunjukkan fluktuasi dengan puncak panen pada Februari 2025 sebesar 1,86 juta ton dan proyeksi pada Juli 2025 sebesar 1,53 juta ton [1].

Tingginya produksi jagung tersebut secara langsung berimplikasi pada peningkatan volume limbah padat, khususnya tongkol jagung yang merupakan residu proses pemipilan dengan rasio berat sekitar 20–30% dari total bobot jagung pipilan kering, tergantung varietas. Dengan asumsi rata-rata 25% dari total produksi, maka dari 16,11 juta ton jagung pipilan kering berpotensi dihasilkan sekitar 4,03 juta ton limbah tongkol jagung per tahun [2]. Peningkatan produksi dan luas panen tersebut mengindikasikan ketersediaan limbah tongkol dan batang jagung yang semakin besar, sehingga diperlukan strategi pemanfaatan yang berkelanjutan, antara lain melalui konversi menjadi briket biomassa sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan bernilai tambah

ekonomi. Padahal, kandungan *lignin* dan *selulosa* pada tongkol serta batang jagung tergolong tinggi dan berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif dalam bentuk briket biomassa [3].

Pemanfaatan material alternatif berbasis limbah pertanian merupakan strategi yang relevan dalam meningkatkan keberlanjutan energi sekaligus memberikan manfaat ekonomi dan lingkungan. Melalui pendekatan ekonomi sirkular, limbah yang sebelumnya tidak bernilai dapat dikonversi menjadi sumber energi terbarukan yang memiliki nilai tambah. Selain sektor jagung, Indonesia juga dikenal sebagai produsen kelapa sawit terbesar di dunia dengan luas areal perkebunan mencapai 16,83 juta hektare dan produksi sebesar 46,82 juta ton pada tahun 2022. Sentra produksi kelapa sawit tersebar di berbagai provinsi utama, seperti Riau, Kalimantan Tengah, Kalimantan Barat, Sumatera Utara, Kalimantan Timur, Sumatera Selatan, dan Jambi. Kapasitas produksi yang besar tersebut menjadikan Indonesia sebagai eksportir minyak kelapa sawit mentah (*crude palm oil*/CPO) terbesar di dunia dengan pangsa lebih dari 55% total ekspor global. Bahkan, pada tahun 2023 volume ekspor CPO Indonesia tercatat mencapai 26,13 juta ton [4]. Tingginya produksi kelapa sawit ini tidak hanya memberikan kontribusi signifikan terhadap perekonomian nasional, tetapi juga menghasilkan limbah biomassa dalam jumlah besar yang berpotensi dikembangkan lebih lanjut sebagai bahan baku energi alternatif berbasis prinsip keberlanjutan.

Limbah dari industri kelapa sawit seperti tandan kosong kelapa sawit (TKKS), pelepah, cangkang, dan fiber merupakan limbah padat utama yang dihasilkan dari proses pengolahan CPO [5]. Jika tidak dikelola, limbah ini berpotensi mencemari lingkungan. Oleh karena itu, upaya pemanfaatan limbah tersebut sebagai bahan baku energi terbarukan, salah satunya dalam bentuk bio- briket, sangat penting untuk dikembangkan. Briket merupakan bahan bakar padat hasil pemampatan material biomassa yang memiliki karakteristik mudah terbakar dan padat [6].

Briket yang baik harus memiliki kekuatan tekan tinggi dan daya rekat antar partikel yang baik agar tidak mudah hancur. Berbagai penelitian menyebutkan bahwa karakteristik bio-briket dari limbah pertanian tidak jauh berbeda dengan briket batubara dari segi nilai kalor. Industri bio-briket juga dinilai layak secara teknis dan ekonomis serta dapat diproduksi dengan teknologi sederhana [7].

TKKS memiliki kandungan *lignoselulosa* tinggi seperti *lignin* (22,6%), *selulosa* (44,2%), *holoselulosa* (71,8%), dan abu (1,6%), menjadikannya bahan baku potensial dalam pembuatan briket [8], [9]. Pelepah kelapa sawit juga menunjukkan karakteristik yang mendukung, dengan kadar karbon sekitar 43%, kadar air rendah (4–

7%), bahan volatil tinggi (51%), dan kadar abu rendah (6%) [10]. Sebagai limbah basah, pemanfaatan limbah ini perlu dilakukan secara cepat untuk mencegah pembusukan.

Perekat seperti tapioka banyak digunakan dalam pembuatan briket karena ketersediaannya yang melimpah, harga yang murah, dan sifat rekat yang baik. Selain mudah digunakan, perekat tapioka juga menghasilkan asap yang lebih sedikit dibanding perekat lain. Tapioka memiliki daya rekat tinggi, tidak berbahaya, dan mampu membentuk ikatan antar partikel melalui adhesi dan kohesi [11], [12], [13].

Namun, beberapa studi menunjukkan bahwa briket berbasis TKKS masih menghasilkan kadar abu dan kadar air yang melebihi batas maksimum standar SNI 01-6235-2000 (maksimal 8%). Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan bio-briket berbahan dasar tongkol dan batang jagung, serta mengkaji pengaruh variasi komposisi perekat lem Rajawali terhadap karakteristik fisik dan energi briket yang dihasilkan.

Limbah pertanian adalah sisa hasil kegiatan pertanian, seperti jerami, sekam, daun, batang, dan tongkol jagung, yang tidak dimanfaatkan secara optimal dan sering dibuang begitu saja. Limbah pertanian yang tidak diolah dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan menurunkan kesuburan tanah. Salah satu limbah pertanian yang berpotensi adalah tongkol jagung (*Zea mays L.*), yaitu bagian sisa dari jagung setelah proses pemipilan biji [14].

Biomassa merupakan salah satu sumber energi alternatif yang melimpah dan berasal dari tumbuhan atau tanaman yang tersedia di lingkungan sekitar [15], [16]. Biomassa dari limbah pertanian memiliki kandungan energi yang cukup tinggi dan dapat diolah menjadi bahan bakar padat seperti briket, yang berfungsi menggantikan bahan bakar fosil dalam kegiatan rumah tangga maupun industri [17], [18], [19]. Biomassa pertanian seperti tongkol jagung dapat diubah menjadi bioarang melalui proses pembakaran tertutup, sehingga memiliki nilai energi yang tinggi dan berpotensi sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan [20], [21].

Briket adalah bahan bakar padat yang dihasilkan dari proses pemadatan bahan organik atau anorganik yang memiliki nilai kalor tinggi [22], [23]. Umumnya, briket dibuat dari limbah biomassa seperti serbuk gergaji, sekam padi, Tongkol jagung, dan limbah pertanian lainnya. Kelebihan briket antara lain ramah lingkungan, menghasilkan asap lebih sedikit dibandingkan kayu bakar, dan mudah disimpan serta digunakan. Adapun salah satu bentuk briket seperti pada [Gambar 1](#). Tongkol jagung memiliki kandungan karbon tetap yang cukup tinggi dan kadar air yang relatif rendah setelah proses pengeringan,

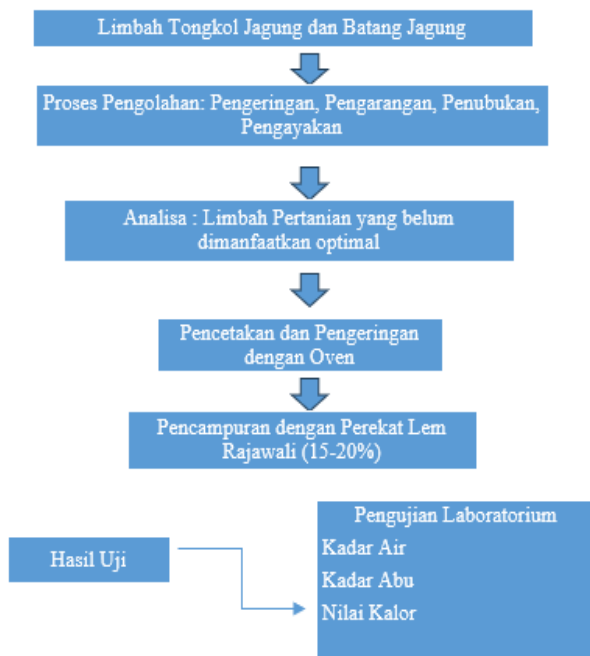
yang membuatnya cocok untuk dijadikan bahan bakar padat [24], [25].



Gambar 1. Briket.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen kuantitatif. Bahan baku berupa tongkol dan batang jagung diperoleh dari wilayah pedesaan di Kabupaten Pasuruan. Bahan tersebut dikeringkan, kemudian dikarbonisasi menggunakan drum tertutup. Arang yang dihasilkan dihancurkan dan diayak menggunakan saringan berukuran 50 mesh. Perekat yang digunakan adalah Lem Rajawali dengan variasi komposisi 15%, 20%, dan 25% dari berat arang. Adapun tahapan penelitian yang dijelaskan secara sederhana dijelaskan pada kerangka konsep pemikiran yang terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kerangka konsep pemikiran.

Penelitian ini menggunakan drum berkapasitas 20 liter sebagai reaktor karbonisasi, kompor sebagai sumber panas, penumbuk, ayakan 80 mesh, wadah, timbangan digital, mixer, dan cetakan briket sebagai peralatan utama. Bahan yang digunakan meliputi tongkol jagung dan batang jagung

sebagai bahan baku, serta lem Rajawali berbasis *polyvinyl acetate* (PVAC) sebagai perekat. Tahapan penelitian diawali dengan identifikasi masalah terkait pemanfaatan limbah tongkol dan batang jagung sebagai bahan baku briket, dilanjutkan dengan studi pendahuluan melalui observasi dan kajian literatur untuk memahami karakteristik material dan proses pembuatan. Proses eksperimen mencakup karbonisasi bahan baku, penumbukan dan pengayakan hingga lolos 80 mesh, pencampuran dengan perekat secara homogen, pencetakan, dan pengeringan briket. Tahap akhir meliputi karakterisasi dan analisis untuk mengevaluasi sifat serta efektivitas briket yang dihasilkan sebagai bahan bakar alternatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Laboratorium Nilai Kalor

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium yang disajikan pada Tabel 1. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kalor tertinggi diperoleh pada bio-briket dengan komposisi perekat 15%, yaitu sebesar 4291,72 cal/g, namun secara kuantitatif masih berada di bawah batas minimum yang dipersyaratkan dalam SNI 01-6235-2000 (≥ 5000 cal/g). Selisih ini mengindikasikan bahwa peningkatan fraksi perekat hingga 15% belum mampu meningkatkan densitas energi secara signifikan, bahkan berpotensi menurunkan nilai kalor akibat bertambahnya komponen non-karbon dan kemungkinan peningkatan kadar abu. Secara termokimia, nilai kalor sangat dipengaruhi oleh kandungan karbon terikat (*fixed carbon*) dan rasio karbon terhadap oksigen (C/O ratio), keberadaan perekat berbasis pati yang kaya gugus hidroksil dapat menurunkan fraksi karbon efektif selama pembakaran. Selain itu, parameter karbonisasi terutama suhu dan waktu tinggal (*residence time*) menentukan derajat dekomposisi hemiselulosa, selulosa, dan *lignin* dalam pembentukan struktur aromatik karbon, sehingga kondisi yang belum optimal dapat membatasi konversi menjadi karbon terikat dan berdampak pada rendahnya nilai kalor. Meskipun demikian, capaian ini masih berada dalam rentang karakteristik briket biomassa limbah pertanian yang umumnya memiliki nilai kalor lebih rendah dibandingkan briket arang kayu, perlu ditegaskan bahwa standar SNI tersebut dikembangkan untuk briket arang kayu dengan kandungan *lignin* dan *fixed carbon* relatif tinggi, sedangkan biomassa limbah pertanian memiliki komposisi kimia dan struktur *lignoselulosa* yang berbeda. Oleh karena itu, optimasi lanjutan melalui penurunan kadar perekat, peningkatan suhu karbonisasi, serta pengendalian kadar air dan ukuran partikel menjadi langkah strategis untuk meningkatkan fraksi karbon terikat dan densitas energi agar dapat memenuhi atau melampaui standar yang berlaku. Selanjutnya, bio-briket dengan perekat 20% menghasilkan

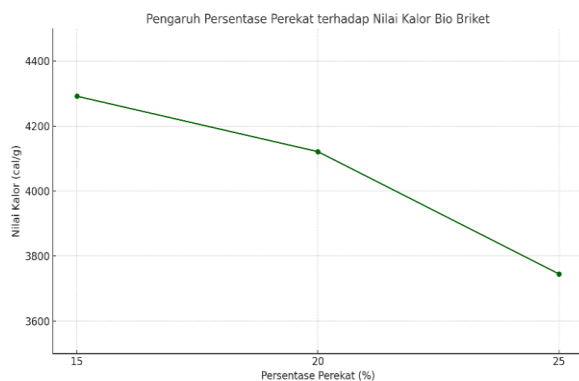
nilai kalor 4121,14 cal/g, dan pada komposisi 25% menghasilkan nilai kalor terendah sebesar 3744,69 cal/g.

Tabel 1. Hasil pengujian nilai kalor.

No	Sampel		Persentase Perekat (%)	Berat Sampel (g)	Temp. Rise (°C)	Nilai Kalor (cal/g)
1	Bio Tongkol Jagung dan Batang Jagung	Briket	15	0,51820	2,4319	4291,72
2	Bio Tongkol Jagung dan Batang Jagung	Briket	20	0,52250	2,3551	4121,14
3	Bio Tongkol Jagung dan Batang Jagung	Briket	25	0,52240	2,1466	3744,69

Berdasarkan Gambar 3 dan Tabel 1 menunjukkan hubungan antara variasi persentase perekat (tepung kanji) dengan nilai kalor bio-briket yang dihasilkan. Berdasarkan data, terlihat bahwa semakin tinggi persentase perekat, maka nilai kalor yang dihasilkan justru menurun. Pada sampel dengan perekat sebesar 15%, diperoleh nilai kalor tertinggi yaitu 4291,72 cal/g, dengan kenaikan suhu (*temperature rise*) sebesar 2,4319°C dan berat sampel sebesar 0,51820 g. Sementara itu, ketika persentase perekat dinaikkan menjadi 20% dan 25%, nilai kalor menurun menjadi 4121,14 cal/g dan 3744,69 cal/g secara berturut-turut. Penurunan ini dapat disebabkan oleh sifat dari perekat yang mengandung kadar air lebih tinggi dan kandungan zat non-karbon yang lebih besar, sehingga menurunkan efisiensi pembakaran briket.

Temuan ini menunjukkan bahwa penggunaan perekat dalam jumlah berlebihan dapat memberikan efek negatif terhadap karakteristik pembakaran bio-briket. Oleh karena itu, komposisi perekat 15% direkomendasikan sebagai formulasi optimal dalam penelitian ini karena mampu memberikan nilai kalor tertinggi, yang berarti energi panas yang dihasilkan lebih besar dan efisien. Berikut grafik hubungan antara persentase perekat dan nilai kalor bio-briket dari tongkol dan batang jagung.



Gambar 3. Grafik nilai hasil briket terhadap nilai kalor.

Hasil Uji Laboratorium Kadar Abu

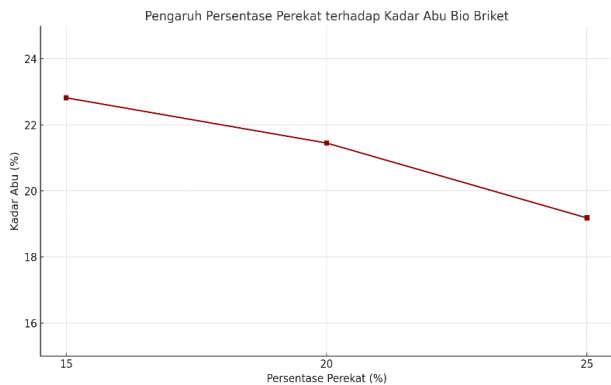
Hasil pengujian laboratorium terhadap kadar abu pada briket biomassa yang disajikan pada Tabel 2, menunjukkan bahwa nilai kadar abu tertinggi diperoleh pada sampel dengan konsentrasi perekat 15%, yaitu sebesar 22,82%. Sementara itu, kadar abu menurun seiring dengan peningkatan konsentrasi perekat, dengan nilai 21,45% pada konsentrasi 20% dan 19,18% pada konsentrasi 25%. Penurunan kadar abu ini menunjukkan bahwa peningkatan jumlah perekat dapat menurunkan kandungan residu padat setelah proses pembakaran.

Hal ini kemungkinan disebabkan oleh karakteristik bahan perekat, dalam hal ini tapioka, yang bersifat mudah terbakar dan menghasilkan residu yang lebih sedikit. Semakin rendah kadar abu, maka kualitas briket sebagai bahan bakar alternatif semakin baik karena menunjukkan bahwa bahan bakar tersebut lebih bersih dan menghasilkan lebih sedikit sisa pembakaran. Dengan demikian, penggunaan perekat tapioka pada konsentrasi 25% dapat dikatakan paling efektif dalam menurunkan kadar abu dan meningkatkan efisiensi pembakaran briket.

Tabel 2. Hasil pengujian kadar abu biobriket.

No	Sampel		Persentase perekat (%)	Massa awal (g)	Massa setelah oven (g)	Kadar abu (%)
1	Bio tongkol jagung dan batang jagung	briket	15	1,0001	0,2282	22,82
2	Bio tongkol jagung dan batang jagung	briket	20	1,0000	0,2145	21,45
3	Bio tongkol jagung dan batang jagung	briket	25	1,0001	0,1928	19,18

berdasarkan Gambar 4 menunjukkan pengaruh variasi persentase perekat terhadap kadar abu yang dihasilkan oleh BioBriket. Terlihat bahwa kadar abu mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya persentase perekat. Pada komposisi perekat sebesar 15%, kadar abu yang dihasilkan mencapai 22,82%, sedangkan pada 20% turun menjadi 21,45%, dan terus menurun hingga 19,18% pada kadar perekat 25%. Kadar abu merupakan sisa pembakaran yang tidak ikut terbakar dan menjadi indikator jumlah zat non-karbon dalam bahan baku. Semakin tinggi kadar abu, maka semakin rendah efisiensi pembakaran biobriket.



Gambar 4. Grafik nilai hasil briket terhadap kadar abu.

Penurunan kadar abu pada peningkatan perekat mengindikasikan bahwa bahan perekat membantu pembakaran lebih sempurna atau menggantikan sebagian material yang memiliki kandungan abu tinggi. Namun demikian, perlu dicermati bahwa walaupun kadar abu menurun, peningkatan perekat di sisi lain juga dapat menurunkan nilai kalor, seperti dijelaskan sebelumnya. Oleh karena itu, keseimbangan antara kadar abu yang rendah dan nilai kalor yang tinggi menjadi pertimbangan penting dalam menentukan formulasi optimal biobriket.

Hasil Uji Laboratorium Kadar Air

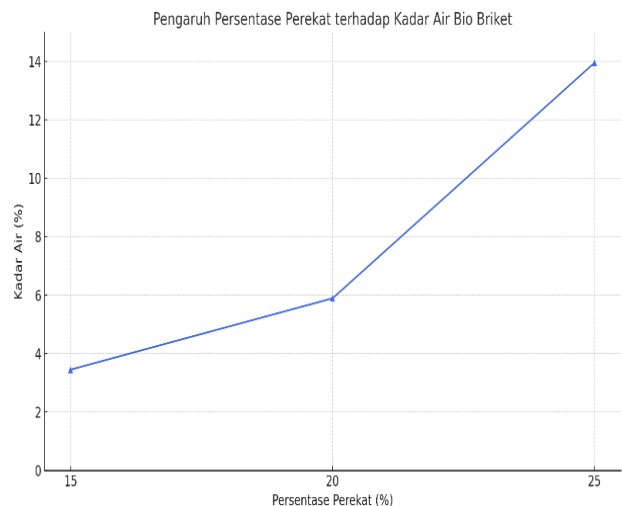
Berdasarkan hasil pengujian laboratorium pada Tabel 3, kadar air pada briket menunjukkan variasi yang dipengaruhi oleh persentase perekat lem Rajawali yang digunakan. Pada sampel dengan komposisi perekat sebesar 15%, kadar air tercatat sebesar 3,45%. Sementara itu, pada sampel dengan perekat 20%, kadar air meningkat menjadi 5,89%. Adapun pada komposisi perekat tertinggi yaitu 25%, kadar air mencapai nilai tertinggi sebesar 13,95%. Peningkatan kadar air seiring dengan meningkatnya kandungan perekat disebabkan oleh sifat higroskopis perekat alami yang mampu menyerap dan mempertahankan kelembapan lebih banyak dibandingkan bahan karbon yang digunakan.

Tabel 3. Hasil pengujian kadar air biobriket.

No	Sampel	Persentase perekat (%)	Massa awal (g)	Massa setelah oven (g)	Kadar air (%)
1	Bio briket tongkol jagung dan batang jagung	15	1,0000	0,9655	3,45
2	Bio briket tongkol jagung dan batang jagung	20	1,0001	0,9412	5,89
3	Bio briket tongkol jagung dan batang jagung	25	1,0000	0,8605	13,95

Berdasarkan Gambar 5. menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan dari variasi persentase perekat terhadap kadar air bio-briket. Berdasarkan hasil pengujian, kadar air terendah diperoleh pada briket dengan komposisi perekat 15%, yakni sebesar 3,45%. Ketika kadar perekat ditingkatkan menjadi 20%, kadar air naik menjadi 5,89%, dan pada 25% perekat, kadar air meningkat drastis hingga mencapai 13,95%. Kadar air yang tinggi dalam briket dapat mengurangi efisiensi pembakaran karena sebagian energi panas akan terbuang untuk menguapkan air.

Selain itu, kadar air yang tinggi juga menyebabkan briket lebih mudah rusak secara fisik dan memperpendek masa simpannya. Peningkatan kadar air pada penggunaan perekat yang lebih tinggi kemungkinan besar disebabkan oleh sifat higroskopis dari perekat tepung kanji yang menyerap dan mempertahankan kelembapan lebih banyak. Temuan ini menunjukkan bahwa penggunaan perekat yang berlebihan tidak hanya menurunkan nilai kalor dan memperbesar kadar abu, tetapi juga secara langsung meningkatkan kadar air pada bio-briket. Oleh karena itu, penggunaan perekat 15% dinilai paling optimal dalam menghasilkan bio-briket yang kering, kompak, dan efisien secara termal.



Gambar 5. Grafik nilai hasil briket terhadap kadar air.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan limbah tongkol dan batang jagung sebagai bahan baku bio-briket memiliki potensi besar sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan. Variasi komposisi perekat memberikan pengaruh signifikan terhadap karakteristik bio-briket yang dihasilkan. Komposisi perekat 15% terbukti sebagai formulasi paling optimal dengan kadar air 3,45%, kadar abu 22,82%, serta nilai kalor tertinggi sebesar 4291,72 cal/g. Nilai ini mendekati standar SNI 01-6235-2000, sehingga bio-briket

dari limbah jagung layak dikembangkan sebagai alternatif pengganti bahan bakar fosil yang lebih berkelanjutan.

Saran

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar dilakukan uji coba dengan jenis perekat alami lain sehingga dapat dibandingkan efektivitasnya terhadap kualitas bio-briket. Selain itu, pengujian lebih lanjut terkait emisi gas buang, kekuatan tekan, dan daya simpan bio-briket perlu dilakukan guna memastikan keamanan, efisiensi, serta kelayakannya sebagai bahan bakar ramah lingkungan. Implementasi skala industri kecil maupun rumah tangga juga direkomendasikan agar hasil penelitian ini dapat langsung memberikan manfaat nyata bagi Masyarakat

DAFTAR PUSTAKA

- [1] "Kementerian Pertanian Republik Indonesia," pertanian.go.id. Accessed: Feb. 21, 2026. [Online]. Available: <https://www.pertanian.go.id/>
- [2] Harmoko, "Meraih Cuan dari Limbah Tongkol Jagung," *Bul. Teknol. Inov. Pertan.*, vol. 3, no. 3, pp. 11–15, Dec. 2024.
- [3] M. Meilianti, "Pembuatan karbon aktif Dari arang tongkol jagung dengan variasi konsentrasi aktivator natrium karbonat (Na_2CO_3)," *J. Distilasi*, vol. 5, no. 1, pp. 14–20, 2020.
- [4] "Detail Publikasi." Accessed: Feb. 21, 2026. [Online]. Available: <https://satudata.pertanian.go.id/details/publikasi/696>
- [5] L. Gusri, P. A. Putri, A. Manab, and A. Rabiula, "Potensi Pemanfaatan Limbah Padat Kelapa Sawit Sebagai Upaya Meningkatkan Efisiensi Energi Di Pabrik Kelapa Sawit," *J. Ecocentrism*, vol. 5, no. 2, pp. 119–130, Nov. 2025, doi: 10.36733/jeco.v5i2.12914.
- [6] R. C. Sondakh and H. Hayatudin, "Perbandingan Biomassa Pertanian sebagai Energi Terbarukan Briket Arang," *J. Ilm. Giga*, vol. 25, no. 1, pp. 45–52, Jul. 2022, doi: 10.47313/jig.v25i1.1720.
- [7] B. L. Jannah, D. Pangga, and S. Ahzan, "Pengaruh Jenis dan Persentase Bahan Perekat Biobriket Berbahan Dasar Kulit Durian terhadap Nilai Kalor dan Laju Pembakaran," *Lensa J. Kependidikan Fis.*, vol. 10, no. 1, pp. 16–23, Jun. 2022, doi: 10.33394/j-lkf.v10i1.5293.
- [8] I. Meliana, S. Surhaini, and D. Renate, "Pengaruh Perbandingan Campuran Serbuk Kayu Sengon (*paraserianthes falcataria* L. Nielsen) dan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Terhadap Mutu Biobriket," other, Universitas Jambi, 2023. Accessed: Feb. 21, 2026. [Online]. Available: <https://repository.unja.ac.id/>
- [9] J. M. Tampubolon, S. Sarono, and A. Analianasari, "Pemanfaatan Limbah Tanam Jamur Merang Bermedia Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Pelepah Sawit sebagai Briket Energi Terbarukan," *Pros. Semin. Nas. Pembang. Dan Pendidik. Vokasi Pertan.*, vol. 5, no. 1, pp. 928–933, Oct. 2024, doi: 10.47687/snppvp.v5i1.1169.
- [10] M. Syukri, Maisarah, I. U. P. Rangkuti, Rahimah, K. A. T. Harahap, and T. Nurhidayat, "Pengaruh Variasi Ukuran Partikel pada Pembuatan Bio-Briket dari Pelepah dan Tandan Buah Kosong Kelapa Sawit," *J. Tek. Kim. USU*, vol. 13, no. 2, pp. 146–153, Sep. 2024, doi: 10.32734/jtk.v13i2.17081.
- [11] S. M. Ridjayanti, R. A. Bazenet, W. Hidayat, I. S. Banuwa, and M. Riniarti, "Pengaruh Variasi Kadar Perekat Tapioka terhadap Karakteristik Briket Arang Limbah Kayu Sengon (*Falcataria moluccana*)," *Perennial*, vol. 17, no. 1, pp. 5–11, Apr. 2021.
- [12] S. Wulandari, R. Fernandez, F. Yuwita, and G. Sidik, "Analisis Briket Arang Kulit Kopi Robusta dengan Variasi Konsentrasi Perekat Tepung Tapioka sebagai Bahan Bakar Alternatif," *Agroteknika*, vol. 8, no. 2, pp. 263–275, Jun. 2025, doi: 10.55043/agroteknika.v8i2.511.
- [13] M. Baihaqi and Y. I. Masjud, "Kajian pemanfaatan limbah ampas tahu dan sekam padi dengan perekat tapioka menjadi briket biomassa," *J. Earth Kingd.*, vol. 1, no. 2, Jan. 2024, doi: 10.61511/jek.v1i1.2024.282.
- [14] A. H. Busri, M. Tengku, D. Wulansari, and F. K. Z. Ashari, "Pengolahan Limbah Pertanian Tongkol Jagung (Menjadi Briket) Bernilai Ekonomi Bagi Masyarakat Desa Tebluru | Opportunity Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat," Dec. 2024, Accessed: Feb. 21, 2026. [Online]. Available: <https://ejournal.unsuda.ac.id/index.php/Opportunity/article/view/1086>
- [15] T. Kalak, "Potential Use of Industrial Biomass Waste as a Sustainable Energy Source in the Future," *Energies*, vol. 16, no. 4, Feb. 2023, doi: 10.3390/en16041783.
- [16] M. Saleem, "Possibility of utilizing agriculture biomass as a renewable and sustainable future energy source," *Heliyon*, vol. 8, no. 2, Feb. 2022, doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e08905.
- [17] P. D. Sanchez, M. Aspe, and K. Sindol, "An Overview on the Production of Bio-briquettes from Agricultural Wastes: Methods, Processes, and Quality," *J. Agric. Food Eng.*, vol. 3, Mar. 2022, doi: 10.37865/jafe.2022.0036.
- [18] A. Ali *et al.*, "Insight into the Biomass-Based Briquette Generation from Agro-Residues: Challenges, Perspectives, and Innovations," *BioEnergy Res.*, vol. 17, no. 2, pp. 816–856, Jun. 2024, doi: 10.1007/s12155-023-10712-5.
- [19] O. O. Oyebamiji, A. S. Olaleru, R. B. Oyeleke, and L. N. Ofodile, "Evaluation and characterization of biochar and briquettes from agricultural wastes for sustainable energy production," *Waste Manag. Bull.*, vol. 3, no. 3, p. 100198, Sep. 2025, doi: 10.1016/j.wmb.2025.100198.
- [20] R. Rifdah, N. Herawati, and F. Dubron, "Pembuatan Biobriket Dari Limbah Tongkol Jagung Pedagogis Jagung Rebus Dan Rumah Tangga Sebagai Bahan Bakar Energi Terbarukan Dengan Proses Karbonisasi," *J. Distilasi*, vol. 2, no. 2, pp. 39–46, Apr. 2022, doi: 10.32502/jd.v2i2.1202.

- [21] S. Mahendry, M. Anggara, and A. Hidayat, "Analisis Karakteristik Briket Dari Cangkang Kemiri Dan Tongkol Jagung Sebagai Bahan Bakar Alternatif," *J. FLYWHEEL*, vol. 14, no. 2, pp. 50–58, Sep. 2023, doi: 10.36040/flywheel.v14i2.6964.
- [22] S. U. Yunusa, E. Mensah, K. Preko, S. Narra, A. Saleh, and S. Sanfo, "A comprehensive review on the technical aspects of biomass briquetting," *Biomass Convers. Biorefinery*, vol. 14, no. 18, pp. 21619–21644, Sep. 2024, doi: 10.1007/s13399-023-04387-3.
- [23] U. S. P. R. Arachchige, "Briquettes Production as an Alternative Fuel," *Nat. Environ. Pollut. Technol.*, vol. 20, no. 4, Dec. 2021, doi: 10.46488/NEPT.2021.v20i04.029.
- [24] Đ. M. Đatkov, A. Z. Nesterović, M. I. Visković, M. L. Martinov, and M. Kaltschmitt, "Profitability of corn cob utilization as a fuel in small residential heating appliances," *Therm. Sci.*, vol. 25, no. 4 Part A, pp. 2471–2482, 2021.
- [25] D. Vamvuka, G. Panagopoulos, and S. Sfakiotakis, "Investigating potential co-firing of corn cobs with lignite for energy production. Thermal analysis and behavior of ashes," *Int. J. Coal Prep. Util.*, vol. 42, no. 8, pp. 2493–2504, Aug. 2022, doi: 10.1080/19392699.2020.1856099.